

METHOD FOR THE PRODUCTION OF A BRAGG LATTICE IN A SEMICONDUCTOR LAYER SEQUENCE BY ETCHING AND SEMICONDUCTOR ELEMENT

Patent number: DE10200360
Publication date: 2003-07-31
Inventor: BRAUN MATTHIAS (DE); WENZEL HANS (DE); ERBERT GOETZ (DE)
Applicant: FORSCHUNGSVERBUND BERLIN EV (DE)
Classification:
- international: H01S5/187
- european: G02B5/18M2; H01S5/12
Application number: DE20021000360 20020108
Priority number(s): DE20021000360 20020108

Also published as:

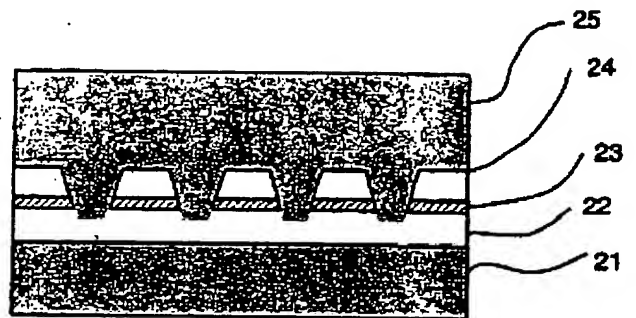
WO03058685 (A3)
WO03058685 (A2)
EP1464098 (A3)
EP1464098 (A2)

Report a data error here

Abstract not available for DE10200360

Abstract of corresponding document: **WO03058685**

The invention relates to a method for the production of a Bragg lattice in a semiconductor layer sequence having corresponding layer thicknesses and refraction indices by means of etching. The aim of the invention is to develop a method and a component enabling the production of Bragg lattices with pulse duty factors which are significantly different from $\frac{1}{2}$ by means of holographic exposure, whereby the pulse duty factor of the Bragg lattice can be precisely adjusted and controlled without structuring the masking layer for the same duty factor and without using or modifying electron beam exposure. This is achieved by selecting the layer thicknesses and refraction indices of a semiconductor sequence into which the Bragg lattice is etched in such a way that a defined pulse duty factor and a defined difference in the effective index of refraction can be obtained.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 00 360 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
H 01 S 5/187

②1 Aktenzeichen: 102 00 360.2
②2 Anmeldetag: 8. 1. 2002
④3 Offenlegungstag: 31. 7. 2003

⑦1 Anmelder:
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE

⑦4 Vertreter:
Anwaltskanzlei Gulde Hengelhaupt Ziebig &
Schneider, 10117 Berlin

⑦2 Erfinder:
Braun, Matthias, 10439 Berlin, DE; Wenzel, Hans,
Dr., 12355 Berlin, DE; Erbert, Götz, Dr., 12555 Berlin,
DE

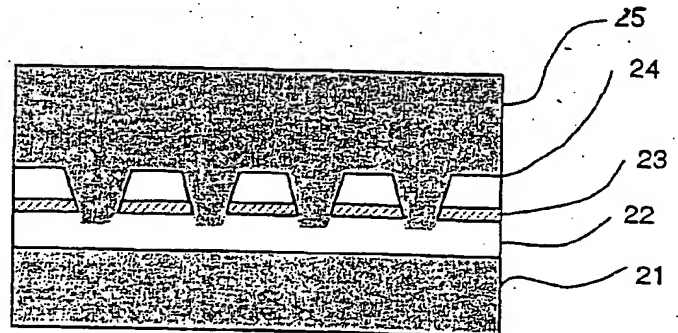
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 43 22 164 A1
DE 691 17 488 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschichtenfolge mittels Ätzen und Halbleiterbauelement

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschichtenfolge eines Halbleiterkörpers mit den zugehörigen Schichtdicken und Brechungsindizes mittels Ätzen. Die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und ein Bauelement zu entwickeln, mit dem Braggsche Gitter mit Tastverhältnissen, die deutlich von 1/2 verschieden sind, mit holografischer Belichtung hergestellt werden können, und mit dem eine genaue Einstellung und Kontrolle des Tastverhältnisses des Braggschen Gitters ohne die Maskierungsschicht im gleichen Tastverhältnis zu strukturieren und ohne die Verwendung bzw. Veränderung einer Elektronenstrahlbelichtung gewährleistet wird, wird dadurch gelöst, dass Schichtdicken und Brechungsindizes einer Halbleiterschichtenfolge, in die das Braggsche Gitter geätzt wird, so gewählt werden, ein definiertes Tastverhältnis und eine definierte Differenz der effektiven Brechzahlen eingestellt wird.



DE 102 00 360 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 102 00 360 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschichtenfolge mittels Ätzen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Halbleiter-Bauelement mit Braggschem Gitter gemäß Anspruch 5.

[0002] Üblicherweise erfolgt die Herstellung von Braggschen Gittern in Halbleitern durch Erzeugen einer Maskierungsschicht mit der entsprechenden Gitterperiode und nachfolgendem Übertragen der Struktur in die darunter liegenden Halbleiterschichten, mittels geeigneten Ätzverfahren.

[0003] Die Herstellung dieser periodischen Strukturen, auch Korrugationen genannt, kann durch trocken- oder naschemisches Ätzen geschehen.

[0004] Die Maskierungsschicht wird üblicherweise durch einen Photolack gebildet, der durch Belichtung und nachfolgendem Entwickeln entsprechend strukturiert wurde. Zur Belichtung der Lackstrukturen wird die Elektronenstrahlbelichtung oder die holografische Belichtung eingesetzt.

[0005] Bei der holografischen Belichtung wird durch Beugung von kohärentem (Laser-)Licht an einem Raumfrequenzfilter eine Kugelwelle erzeugt. Durch Überlagerung zweier Teilstrahlen dieser Kugelwelle kommt das Licht zur Interferenz. Durch geeignete Wahl der Laserwellenlänge und Anordnung eines Wafers im Strahlengang entsteht auf dessen Waferoberfläche ein Interferenzmuster des Lichts mit der gewünschten Periodenlänge. Die Periodenlänge lässt sich also relativ leicht durch den Neigungswinkel des Wafers zum Strahlengang festlegen.

[0006] Um Braggsche Gitter für Laserwellenlängen im nahen infraroten, sichtbaren und ultravioletten Bereich herzustellen, wird kurzwelliges Laserlicht für die Belichtung benötigt. Die für diese Zwecke auf dem Markt verfügbaren Laser mit ausreichender Strahlqualität besitzen eine kürzeste Wellenlänge von typischerweise 270 nm. Damit lässt sich eine minimale Gitterperiode von ca. 135 nm erzeugen. Mit einem typischen effektiven Brechungsindex von ca. 3,3 (für III-V Halbleiter) lassen sich also Braggsche Gitter 1. Ordnung für eine Wellenlänge von minimal 900 nm herstellen. Für kürzere Laserwellenlängen müssen also Braggsche Gitter höherer Ordnung verwendet werden. Im Gegensatz zu Gittern 1. Ordnung wird für einen maximalen Koppelkoeffizienten bei Gittern 2. und höherer gerader Ordnung nicht das Tastverhältnis von 1/2 benötigt, sondern es wird ein Tastverhältnis von 1/4 bzw. 3/4 erforderlich.

[0007] Die Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschicht S_1 (Dicke d_1 und Brechungsindex n_1) mit deutlich von 1/2 verschiedenem Tastverhältnis wird nach dem Stand der Technik mittels einer entsprechenden Struktur der Maskierungsschicht hergestellt, die dann durch ein geeignetes Ätzverfahren in die darunter liegende Halbleiterschicht übertragen wird. Durch Überwachsen mit einer zweiten Schicht eines geeigneten Materials mit einem zum Material der ersten Schicht unterschiedlichem Brechungsindex ergibt sich in lateraler Richtung die gewünschte periodische Änderung des Brechungsindex.

[0008] In der Praxis zeigt sich aber gerade für sehr kleine Gitterperioden im Bereich von unter ca. 350 nm, dass die zur Herstellung eines Braggschen Gitters mit einem deutlich von 1/2 verschiedenen Tastverhältnisses entsprechenden Maskierungsschichten nur schwer realisierbar sind. Dies liegt daran, dass sich die notwendigen asymmetrische Maskierungsschichten erfahrungsgemäß nur schwer reproduzieren lassen, was durch geringe Kontrastverhältnisse der beiden interferierenden Teilstrahlen zusätzlich erschwert wird.

[0009] In der Veröffentlichung "1.3- μ m Distributed Feedback Laser Diode with a Grating Accurately Controlled by a New Fabrication Technique" von A. Takemoto u. a., Journal of Lightwave Technology, Vol. 7, Nr. 12, S. 2072-2076 (1989) werden zwei Methoden zur Herstellung von Braggschen Gittern beschrieben.

[0010] Bei der in der Publikation als "konventionell" beschriebenen Struktur wird das Braggsche Gitter in eine Halbleiterschicht geätzt, ohne diese durchzuätzen, wobei der Kopplungskoeffizient im wesentlichen durch die Äztiefe bestimmt wird.

[0011] Bei der in der Publikation als "neu" bezeichneten Struktur wird das Braggsche Gitter durch komplettes Durchätzen einer Halbleiterschicht erzeugt, wodurch der Kopplungskoeffizient nicht mehr von der Äztiefe bestimmt wird, sondern durch die Dicke der Halbleiterschichten, welche sehr genau eingestellt werden können.

[0012] Beide Methoden erlauben keine genaue Kontrolle des Tastverhältnisses des Braggschen Gitters.

[0013] In der Veröffentlichung "Electron beam defined surface gratings in AlGaAs with precisely controlled duty cycle using a multiple exposure technique" von N. Eriksson u. a. Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. 41, Nr. 1, S. 184.186 (1996) werden verschiedene Methoden beschrieben, wie das Tastverhältnis ("duty cycle") von Braggschen Gittern mit Hilfe der Elektronenstrahlbelichtung gezielt eingestellt werden kann.

[0014] Dies wird durch eine Veränderung der Parameter der Elektronenstrahlbelichtung erreicht. Die Elektronenstrahlbelichtung ist jedoch wesentlich langwieriger und aufwendiger als die holografische Belichtung. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Gitterperioden nur in Stufen einstellbar sind.

[0015] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und ein Bauelement aufzuzeigen, mit dem Braggsche Gitter mit Tastverhältnissen, die deutlich von 1/2 verschieden sind, mit holografischer Belichtung hergestellt werden können, ohne dass die Maskierungsschicht im gleichen Tastverhältnis strukturiert ist wie das Braggsche Gitter, und mit dem eine genaue Einstellung und Kontrolle des Tastverhältnisses des Braggschen Gitters ohne die Verwendung bzw. Veränderung einer Elektronenstrahlbelichtung gewährleistet wird.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Verfahrens gemäß Anspruch 1 und durch ein Halbleiter-Bauelement mit den Merkmalen nach Anspruch 5 gelöst.

[0017] Das Verfahren zur Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschichtenfolge eines Halbleiterkörpers mit den zugehörigen Schichtdicken und Brechungsindizes mittels Ätzen ist dadurch gekennzeichnet, dass ein definiertes Tastverhältnis des Braggschen Gitters und eine definierte Differenz der effektiven Brechzahlen zwischen den Schichten, in denen das Braggsche Gitter hergestellt werden soll, eingestellt wird.

[0018] Das Halbleiter-Bauelement mit geätzt Braggscher Gitterstruktur nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterstruktur als obere Wellenleiterschichten aus AlGaAs, InGaP, GaAsP, InGaP in einem Halbleiterkörper mit einer Maskierungsschicht in vertikaler Folge ausgebildet sind.

[0019] Das Verfahren nach der Erfindung ist in einer bevorzugten Ausführungsform dadurch gekennzeichnet, dass in eine kristalline Halbleiterschicht der Schichtenfolge eines Halbleiterkörpers, in der das Braggsche Gitter hergestellt werden soll, mindestens eine zusätzliche Halbleiterschicht definierter Dicke als Zwischenschicht mit einem zu den angrenzenden Schichten unterschiedlichen Brechungsindex eingebracht wird, und danach das Braggsche Gitter geätzt wird, indem eine auf die Schichtenfolge aufgebrachte Mas-

kierungsschicht mit einem Tastverhältnis von etwa 1/2 strukturiert und die darunter liegenden Schichten geätzt werden, wobei die Dicken der unter der Maskierungsschicht liegenden Schichten so gewählt werden, dass die zusätzlich eingebrachte Schicht in Verbindung mit einem Winkel α , der sich aus dem Ätzprozeß und der Kristallorientierung der zu ätzenden Materialien bestimmt, so geätzt wird, dass die zusätzlich eingebrachte Schicht im gewünschten Tastverhältnis strukturiert wird.

[0020] Der Unterschied zwischen dem aus dem Stand der Technik bekannten Herstellungsverfahren und der vorliegenden Patentanmeldung liegt darin, dass nicht nur eine Schicht, sondern mindestens zwei Schichten durchgeätzt werden.

[0021] Die Herstellung von Braggsschen Gittern wird durch eine holografische Belichtung erreicht, und das Tastverhältnis wird durch eine geeignete Anordnung von Halbleiterschichten eingestellt.

[0022] Zweckmäßige Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0023] Die Erfindung wird in einem allgemeinen Ausführungsbeispiel des Verfahrens nach der Erfindung und in einer Anwendung bei einer Laserstruktur näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

[0024] Fig. 1 die schematische Darstellung eines strukturierten Halbleiterkörpers mit einer Maskierungsschicht zur Erläuterung des Tastverhältnisses,

[0025] Fig. 2a) die schematische Darstellung der bis 2c) Herstellung eines Braggsschen Gitters nach dem bekannten Stand der Technik,

[0026] Fig. 3a) bis 3c) die schematische Darstellung der Herstellung eines Braggsschen Gitters nach der Erfindung und

[0027] Fig. 4 die schematische Darstellung des Schichtaufbaus einer vertikalen Laserstruktur mit Gitterschichten, hergestellt nach dem Verfahren nach der Erfindung.

[0028] Es ist bekannt, dass ein Material, dessen Brechzahl sich entlang einer Raumrichtung periodisch ändert (sogenanntes Braggssches Gitter), als wellenlängenselektiver Reflektor wirkt: Lichtwellen, die sich in Richtung der periodischen Änderung ausbreiten und deren Wellenlängen λ die Beziehung

$$\lambda = 2n\Lambda/m \quad (1)$$

erfüllen, wobei n die mittlere Brechzahl des Materials, Λ die Periode der Brechzahländerung und m die sogenannte Ordnung des Braggsschen Gitters ist ($m = 1, 2, 3, \dots$).

[0029] Die Stärke der Wechselwirkung des Braggsschen Gitters mit den Lichtwellen wird durch den sogenannten Kopplungskoeffizienten κ beschrieben. Für sprunghafte Änderungen der Brechzahl (d. h. für eine Schichtenfolge $n_1 n_2 n_1 n_2 n_1 \dots$) kann er durch die Beziehung

$$\kappa = \frac{2 \cdot \Delta n \cdot \sin(m \cdot \pi \cdot \Lambda_1 / \Lambda)}{m \cdot \lambda}$$

(2)

berechnet werden, solange $\Delta n/n$ nicht zu groß ist (typischerweise kleiner 0,01). Dabei ist $\Delta n = n_1 - n_2$ die Differenz der Brechzahlen und Λ_1 die Dicke der Schicht mit der Brechzahl n_1 .

[0030] Aus der Gleichung (2) geht hervor, dass die Größe des Kopplungskoeffizienten proportional zur Differenz der Brechzahlen ist und vom Verhältnis Λ_1/Λ , dem sogenannten Tastverhältnis des Braggsschen Gitters, abhängt (Fig. 1).

[0031] In Gleichung (2) können die Brechzahlen auch einen Imaginärteil besitzen. Der Imaginärteil der Brechzahl beschreibt eine Dämpfung oder Verstärkung der Lichtwelle. Falls die Imaginärteile der Brechzahlen der Schichten unterschiedlich sind, erhält man eine periodische Änderung der Dämpfung oder der Verstärkung, und der Kopplungskoeffizient erhält ebenfalls einen Imaginärteil.

[0032] Falls das Braggssche Gitter im wesentlichen durch die periodische Änderung des Realteils der Brechzahl zustande kommt, spricht man von Indexkopplung, andernfalls von Verlust- oder Verstärkungskopplung.

[0033] In Verbindungshalbleiterbauelementen kann eine periodische Änderung der Brechzahl auf zweierlei Art erreicht werden:

15 Erstens, durch Abscheidung vieler Paare von zwei Verbindungshalbleitern mit unterschiedlicher Brechzahl, z. B. mit metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE). Die Ausbreitung und Reflexion der Lichtwellen erfolgt senkrecht zu den Schichten. Dieses Wirkungsprinzip wird z. B. in oberflächenemittierenden Halbleiterlasern (sogenannten VCSELn) ausgenutzt.

[0034] Zweitens, in dem in die Oberfläche einer Verbindungshalbleiterschicht eine Korrugation geätzt wird, die in einer Raumrichtung eine periodische Struktur aufweist.

20 Wird auf die so strukturierte Oberfläche ein Verbindungshalbleiter mit einer anderen Brechzahl abgeschieden, z. B. mit MOVPE oder MBE, so ändert sich die effektive Brechzahl von Lichtwellen, welche sich parallel zu den Verbindungshalbleiterschichten, aber senkrecht zu der periodischen Struktur ausbreiten, ebenfalls periodisch und man erhält wiederum ein Braggssches Gitter. Dieses Wirkungsprinzip wird z. B. in kantenemittierenden Halbleiterlasern mit verteilter Rückkopplung und Braggsschen Reflektoren (sogenannten DFB- und DBR-Lasern) ausgenutzt. Die Gleichungen (1) und (2) bleiben näherungsweise weiter gültig, nur dass die Brechzahl n durch eine effektive Brechzahl n_{eff} ersetzt werden muss. Die Differenz der effektiven Brechzahlen $\Delta n_{\text{eff}} = n_{\text{eff},1} - n_{\text{eff},2}$ wird jetzt nicht nur durch die Differenz der Brechzahlen der beteiligten Verbindungshalbleiter bestimmt, sondern im allgemeinen auch durch die Tiefe der Korrugation und durch die Stärke der Intensität des Lichtfeldes im Bereich der Korrugation. Die Ausbreitung der Lichtwellen parallel zu den Schichten wird dadurch erzwungen, dass eine Schichtenfolge von Verbindungshalbleitern so abgeschieden wird, dass ein sogenannter Wellenleiter gebildet wird, bei dem die Brechzahl der zentralen Schichten (sogenannte Wellenleiterschichten) größer ist als die diese Schichten begrenzenden Schichten (sogenannte Mantelschichten). In einem kantenemittierenden Halbleiterlaser bildet die optisch aktive Schicht allein oder in Kombination mit angrenzenden Schichten den Wellenleiter.

35 [0035] Die vorliegende Patentanmeldung bezieht sich auf die unter zweitens beschriebene Art von Verbindungshalbleiterbauelementen. Aufgrund der Herstellung des Braggsschen Gitters mittels Ätzverfahren ist es schwierig, einen definierten Kopplungskoeffizienten nach Gleichung (2) zu erhalten. Insbesondere die Einstellung des Tastverhältnisses Λ_1/Λ bereitet Probleme. Auf der anderen Seite muss aber z. B. bei Braggsschen Gittern 2. Ordnung ($m = 2$) das Tastverhältnis Λ_1/Λ möglichst genau 1/4 oder 3/4 sein, um nach Gleichung (2) einen maximalen Kopplungskoeffizienten zu erhalten.

45 [0036] Braggssche Gitter 2. Ordnung haben den Vorteil, dass ihre Gitterperiode Λ nach Gleichung (1) zweimal so groß wie die bei einem Braggsschen Gitter 1. Ordnung ist und sich somit wesentlich einfacher herstellen lassen. Z. B. beträgt bei einer Wellenlänge $\lambda = 1 \mu\text{m}$ die Periode eines Gitters 1. Ordnung ungefähr $\Lambda = 150 \text{ nm}$, während die Peri-

50 [0037] Die vorliegende Patentanmeldung bezieht sich auf die unter zweitens beschriebene Art von Verbindungshalbleiterbauelementen. Aufgrund der Herstellung des Braggsschen Gitters mittels Ätzverfahren ist es schwierig, einen definierten Kopplungskoeffizienten nach Gleichung (2) zu erhalten. Insbesondere die Einstellung des Tastverhältnisses Λ_1/Λ bereitet Probleme. Auf der anderen Seite muss aber z. B. bei Braggsschen Gittern 2. Ordnung ($m = 2$) das Tastverhältnis Λ_1/Λ möglichst genau 1/4 oder 3/4 sein, um nach Gleichung (2) einen maximalen Kopplungskoeffizienten zu erhalten.

55 [0038] Braggssche Gitter 2. Ordnung haben den Vorteil, dass ihre Gitterperiode Λ nach Gleichung (1) zweimal so groß wie die bei einem Braggsschen Gitter 1. Ordnung ist und sich somit wesentlich einfacher herstellen lassen. Z. B. beträgt bei einer Wellenlänge $\lambda = 1 \mu\text{m}$ die Periode eines Gitters 1. Ordnung ungefähr $\Lambda = 150 \text{ nm}$, während die Peri-

ode eines Gitters 2. Ordnung $\Lambda = 300$ nm beträgt.

[0037] Die vorliegende Patentanmeldung beschreibt ein Verfahren zur Einstellung einer definierten Differenz der effektiven Brechzahlen Δn_{eff} und eines definierten Tastverhältnisses Λ_1/Λ .

[0038] Die Fig. 2 und 3 zeigen in schematischer Darstellung die Unterschiede des Schichtaufbaus bei der Herstellung eines Braggischen Gitters nach dem bekannten Stand der Technik (Fig. 2a bis 2c) und nach der Erfindung (Fig. 3a bis 3c).

[0039] Entsprechend den Fig. 2a bis 2c wird nach dem Stand der Technik in einen Halbleiterkörper 2 mit einer strukturierten Maskierungsschicht 1 (Fig. 2a) mittels Ätzen eine Gitterstruktur hergestellt (Fig. 2b), die mit einer Halbleiterschicht 3 überwachsen wird (Fig. 2c).

[0040] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird gemäß der Darstellung in der Fig. 3a in einen Halbleiterkörper mit den Halbleiterschichten 21, 22, 24 und der strukturierten Maskierungsschicht 1, in die Schicht, in der ein Braggisches Gitter hergestellt werden soll, eine zusätzliche Halbleiterschicht 23 eingebracht. Dies erfolgt im Rahmen der üblichen Herstellung der Vertikalstruktur mittels eines Epitaxieverfahrens.

[0041] Diese zusätzliche Schicht 23 besitzt im allgemeinsten Fall einen von den angrenzenden Schichten 24 und 22 unterschiedlichen Brechungsindex n_{23} .

$$n_{23} \neq n_{24} \approx n_{22} \quad (3)$$

[0042] Der Brechungsindexsprung wird so gewählt, dass die Koppelkonstante des Gitters den angestrebten Wert erreicht.

[0043] Anschließend wird das Braggische Gitter geätzt (Fig. 3b). Dazu wird der die Maskierungsschicht 1 bildende Photolack mit einem Tastverhältnis von etwa 1/2 strukturiert. Anschließend werden die darunter liegenden Schichten 24, 23, 22 trocken- oder nasschemisch geätzt. Die Dicke d_{24} der Schicht 24 wird nun so gewählt, dass die Schicht 23 in Verbindung mit dem Winkel α so geätzt wird, dass diese Schicht 23 im gewünschten Tastverhältnis strukturiert wird. Der Winkel α wird durch den Ätzprozess in Verbindung mit der Kristallorientierung bestimmt.

[0044] Das Tastverhältnis für die geätzte Struktur ergibt sich aus dem Winkel α , der Dicke d_{24} der Schicht 24 und der Dicke d_{25} der Schicht 23 näherungsweise wie folgt:

$$\frac{\Lambda_1}{\Lambda} = \frac{1}{2} + \frac{2(d_{24} + \frac{d_{23}}{2})}{\Lambda \tan \alpha}$$

(5)

[0045] Das Tastverhältnis lässt sich also für ein gegebenes Material im wesentlichen durch die Dicke d_{24} der Schicht 24, einstellen. Anschließend wird eine Verbindungshalbleiterschicht 25 abgeschieden (Fig. 3c), für deren Brechzahl gilt

$$n_{25} \approx n_{22} \approx n_{24} \quad (6)$$

[0046] Es kann sich um den gleichen Verbindungshalbleiter wie den der Schichten 24 und 22 handeln, aber auch einen anderen, solange nur die Beziehung (3) erfüllt ist. Das Überwachsen mit dem gleichen Verbindungshalbleiter wie der der Schicht 25 ist für ein gutes Anwachsen bzw. eine gute Schichtmorphologie der 2. Epitaxie von Vorteil.

[0047] Die Größe des Kopplungskoeffizienten wird im wesentlichen durch die Differenz $n_{25} - n_{22}$, die Dicke d_{24} der

Schicht 24 und deren Abstand von der Mitte des Wellenleiters bestimmt.

[0048] In der Fig. 4 ist als eine Ausführungsform des Verfahrens der vertikale Schichtaufbau einer Laserstruktur für eine Wellenlänge von 860 nm schematisch dargestellt.

[0049] Die Gitterschichten 21 bis 24 sind analog zu den Schichten in der Fig. 3 obere Wellenleiterschichten.

[0050] Zur Herstellung eines entsprechenden Braggischen Gitters für diese Wellenlänge wäre ein Gitter erster Ordnung mit ca. $\Lambda = 130$ nm Periode notwendig. Diese Wellenlänge kann mit keinem der bekannten und verfügbaren He-Cd, Argon-Ionen und Neodym-dotierte Festkörper-Laser holografisch erzeugt werden. Daher muss ein Gitter höherer Ordnung verwendet werden.

[0051] Ein Gitter 2. Ordnung müsste also eine Gitterperiode von $\Lambda = 260$ nm aufweisen, das sich mit einem der herkömmlichen Laser herstellen lässt.

[0052] Gemäß der Vertikalstruktur des Lasers soll das Gitter in eine InGaP-Schicht ($n_{22} = n_{24} = 3,27$) eingebracht werden. Um einen möglichst großen Koppelkoeffizienten zu erhalten, muss das Gitter mit einem Tastverhältnis von 1/4 bzw. 3/4 strukturiert werden. Um dies erfindungsgemäß durch Ätzung über eine Maskierungsschicht mit Tastverhältnis von 1/2 zu erreichen, wird eine zusätzliche Schicht 23 aus GaAsP ($n_{23} = 3,52$) mit der Dicke $d_{23} = 20$ nm in die InGaP-Schicht 22, 24 eingebettet. Durch Verwendung einer bromhaltigen Ätzlösung ergibt sich in 0-11 orientiertem InGaP ein Ätzwinkel von $\alpha = 54^\circ$.

[0053] Gemäß Relation (5) ergibt sich für die Dicke der Schicht 24 ein Wert von ca. 35 nm, um die GaAsP-Schicht 23 im Verhältnis 1/4 zu strukturieren. Eine vergleichbare Ätzrate, wie sie für diese Ätzlösung beobachtet wird, ist hierfür Voraussetzung.

[0054] Insgesamt ergibt sich nach Fig. 4 ein beispielhafter Schichtenaufbau wie folgt.

- Kontaktschicht 26 aus GaAs
- Obere Mantelschicht 25 aus AlGaAs
- Obere Wellenleiterschicht 24 aus InGaP
- Obere Wellenleiterschicht 23 aus GaAsP
- Obere Wellenleiterschicht 22 InGaP
- Obere Wellenleiterschicht 21 aus AlGaAs
- Aktive Zone 27 aus GaAsP/InGaAsP
- Untere Wellenleiterschicht 28 aus AlGaAs
- Untere Mantelschicht 29 aus AlGaAs
- Substrat 30 aus GaAs

Bezugszeichenliste

- 1 Maskierungsschicht
- 2 Halbleiterkörper
- 3 Halbleiterschicht
- 21 obere Wellenleiterschicht
- 22 obere Wellenleiterschicht
- 23 obere Wellenleiterschicht
- 24 obere Wellenleiterschicht
- 25 obere Mantelschicht
- 26 Kontaktschicht
- 27 Aktive Zone
- 28 untere Wellenleiterschicht
- 29 untere Wellenleiterschicht
- 30 Substrat
- d Schichtdicke
- n Brechungsindex
- α Ätzwinkel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Braggschen Gitters in einer Halbleiterschichtenfolge eines Halbleiterkörpers mittels Ätzen, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein definiertes Tastverhältnis des Braggschen Gitters und eine definierte Differenz der effektiven Brechzahlen durch eine geeignete Wahl der zugehörigen Schichtdicken und Brechungsindices der Halbleiterschichtenfolge eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in eine kristalline Halbleiterschicht der Schichtenfolge des Halbleiterkörpers, in der das Braggsche Gitter hergestellt werden soll, mindestens eine zusätzliche Halbleiterschicht (23) definierter Dicke (d_{23}) als Zwischenschicht mit einem zu den angrenzenden Schichten (22, 24) unterschiedlichen Brechungsindex (n_3) eingebracht wird, und danach das Braggsche Gitter geätzt wird, indem ein auf die Schichtenfolge (24, 23, 22) aufgebrachte Maskierungsschicht (1) mit einem Tastverhältnis von etwa 1/2 strukturiert und die darunter liegenden Schichten (24, 23) geätzt werden, wobei die Dicken (d_{24} , d_{23}) der unter der Maskierungsschicht (1) liegenden Schichten (24, 23) so gewählt werden, dass die zusätzlich eingebrachte Schicht (23) in Verbindung mit einem Winkel α , der sich aus dem Ätzprozeß und der Kristallorientierung des verwendeten Materials bestimmt, so geätzt wird, dass die zusätzlich eingebrachte Schicht (23) im gewünschten Tastverhältnis strukturiert wird, und wobei abschließend eine Verbindungshalbleiterschicht (25) mit einem Brechungsindex, welcher den Brechungsindices der die zusätzliche Schicht (23) umgebenden Schichten (24, 22) entspricht, aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gitterstruktur naß- und/oder trockenchemisch geätzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zusätzliche Schicht (23) aus einer Halbleiterschichtenfolge besteht.
5. Halbleiter-Bauelement mit geätzter Braggscher Gitterstruktur, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gitterstruktur für kantenemittierende Laser mit verteilter Rückkopplung und/oder Braggscher Reflektoren als obere Wellenleiterschichten aus AlGaAs (21), InGaP (22), GaAsP (23), InGaP (24) in einem Halbleiterkörper mit einer Maskierungsschicht (1) in vertikaler Folge ausgebildet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Figuren

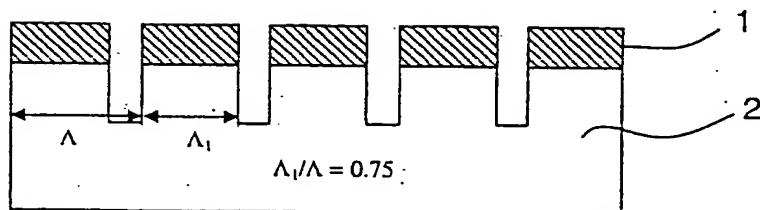


Fig. 1

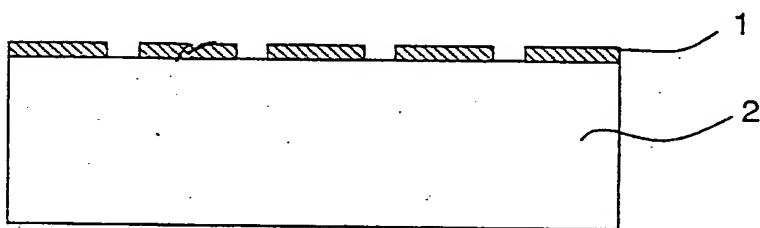


Fig. 2a

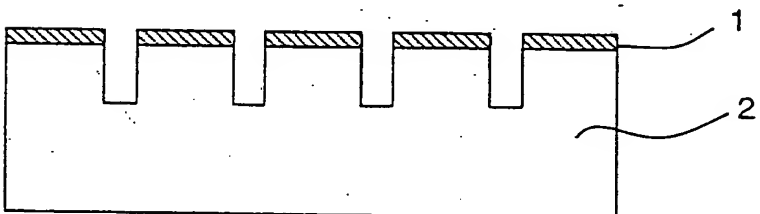


Fig. 2b

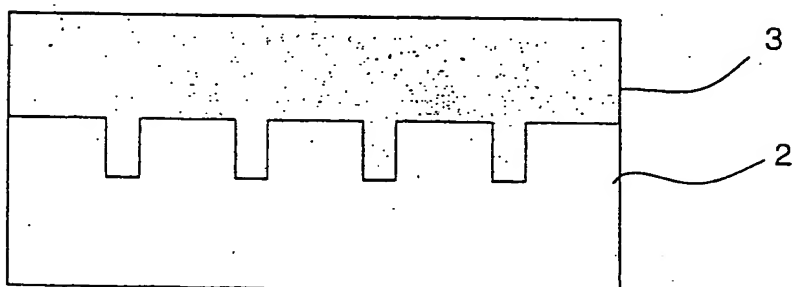


Fig. 2c

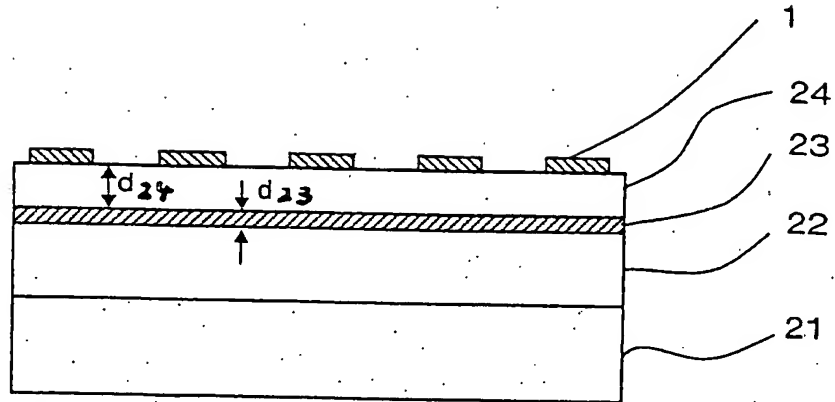


Fig. 3a

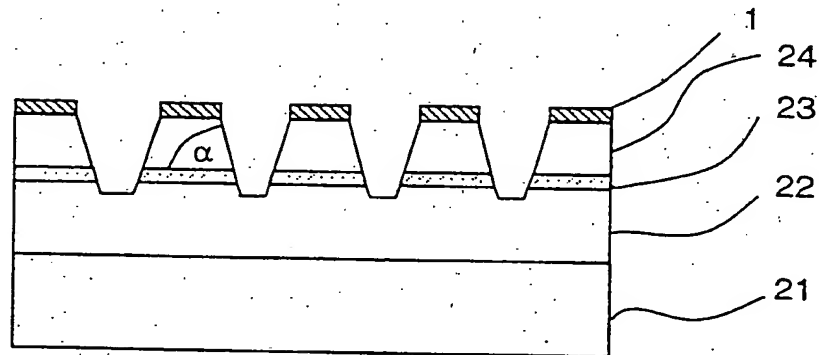


Fig. 3b

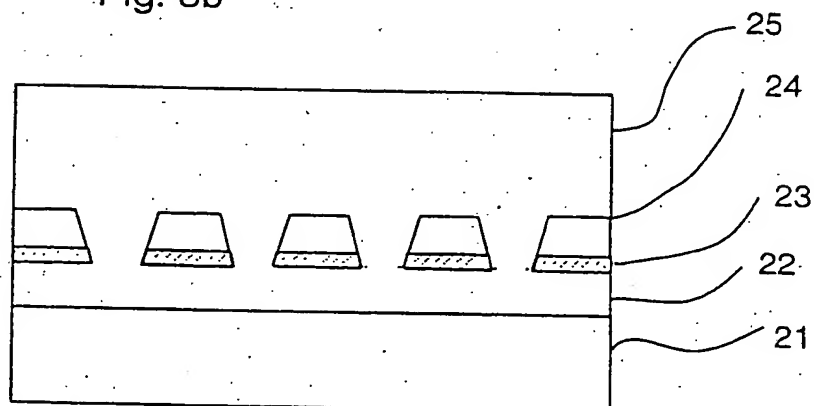


Fig. 3c

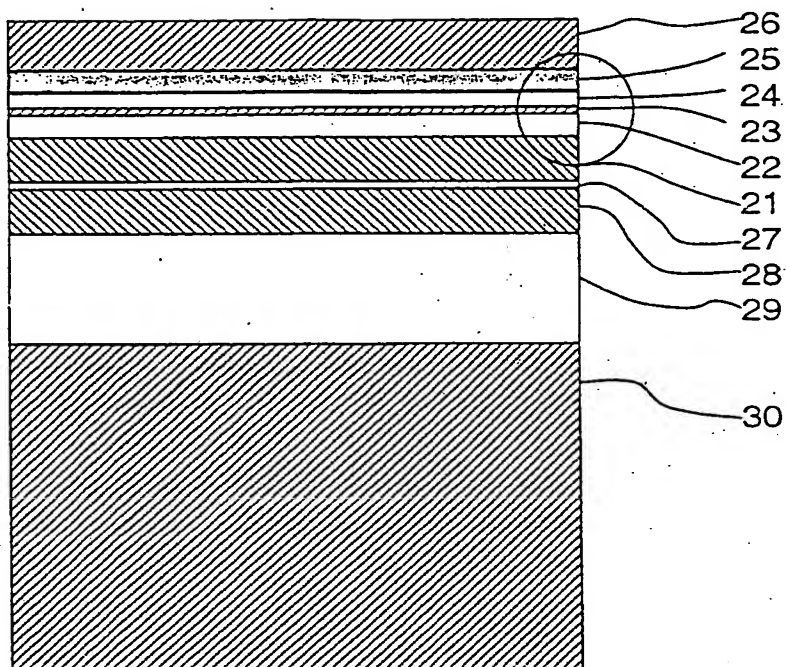


Fig. 4